

2016, Volumen 1, Número Especial: 61-85
“La Historia de la Geología en el Bicentenario de la Argentina”

Contribución del Profesor Johannes Brüggen a la geología en Chile

Reynaldo Charrier¹, Francisco Hervé¹ y Patricio aceituno²

¹Carrera de Geología, Universidad Andrés Bello, Sazie 2119, y Departamento de Geología, Universidad de Chile, Plaza Ercilla 803, Santiago. rcharrie@ing.uchile.cl; rcharrier@unab.cl; fherve@cec.uchile.cl; fherve@unab.cl

²Departamento de Geofísica, Universidad de Chile, Beauchef 850, Santiago. aceituno@dgf.uchile.cl



Contribución del Profesor Johannes Brügger a la geología en Chile

Reynaldo Charrier¹, Francisco Hervé¹ y Patricio Aceituno²

¹Carrera de Geología, Universidad Andrés Bello, Sazie 2119, y Departamento de Geología, Universidad de Chile, Plaza Ercilla 803, Santiago. rcharrie@ing.uchile.cl; rcharrier@unab.cl; fhervé@cec.uchile.cl; fhervé@unab.cl

²Departamento de Geofísica, Universidad de Chile, Beauchef 850, Santiago. aceituno@dgf.uchile.cl

RESUMEN. El Profesor Johannes Brügger Messtorff (1887-1953) fue quien, con el libro *Fundamentos de Geología de Chile* (1950), trazó una primera visión integrada de la geología chilena, que refunde el conocimiento adquirido en 40 años de investigación. A ello deben agregarse unas 60 publicaciones sobre la geología y recursos naturales de Chile y textos didácticos: “*Geología*” y “*Tablas para la Enseñanza de la Mineralogía*”. El Prof. Brügger creó el Instituto de Geología en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, primer centro académico de la disciplina en la Universidad de Chile y el país. Allí se formaban los Ingenieros de Minas con mención en Geología. Sus alumnos, los Ingenieros Jorge Muñoz Cristi y Héctor Flores Williams, crearon, junto con Don Humberto Fuenzalida Villegas, la carrera de Geología en esa facultad. Su trascendencia ha sido reconocida con el “Premio Juan Brügger”, del Instituto de Ingenieros de Minas, a alumnos destacados de Ingeniería de Minas y el “Premio Nacional de Geología-Medalla Juan Brügger”, del Colegio de Geólogos de Chile, a geólogos destacados. Un glaciar en el Campo de Hielo Patagónico Sur y un mineral, brüggerita $[\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]$, llevan su nombre. En 1942, al retirarse, la universidad le rindió un homenaje con la presencia de autoridades del área de la Ingeniería de Minas, egresados y estudiantes de esa carrera y el destacado geólogo argentino Don Horacio J. Harrington. Sin lugar a dudas, el Profesor Johannes Brügger es el padre de la geología en Chile.

Palabras clave: *Johannes Brügger, Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Chile.*

ABSTRACT. **Contribution of Professor Johannes Brügger to the geology of Chile.** Professor Johannes Brügger Messtorff (1887-1953) made the first integrated overview on the geology of Chile with his book entitled “*Fundamentals of the Geology of Chile*” (1950). In this book he summarized his 40 years long geological experience in Chile. In addition he published over 60 publications on geology and natural resources in Chile and text books like “*Geology*” and “*Mineralogic Tables*”. Professor Brügger created the Geological Institute at the Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, University of Chile, which represented the first academic unit on this discipline in Chile. In this institute the mining engineers at that time were formed in geology. His students Jorge Muñoz Cristi and Héctor Flores Williams, together with Humberto Fuenzalida Villegas, created the first course in

geology in Chile in the same faculty. The enormous significance of Brügger's achievements has been recognized with the "Juan Brügger Award" by the Instituto de Ingenieros de Minas, to outstanding mining engineering students, and with the "National Award in Geology - Juan Brügger Medal" by the Colegio de Geólogos de Chile to outstanding Chilean geologists. A glacier in the Patagonian southern icefield has been named Brügger Glacier, and a mineral found in northern Chile has been named brüggerite $[\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]$. At his retirement, in 1942, the University of Chile organized an homage ceremony to which several prominent authorities related to the mining activity, students and former students, and the renowned Argentinean geologist Horacio Harrington assisted. We conclude that Professor Johannes Brügger is the father of the Chilean geology.

Key words: *Johannes Brügger, Geology, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Chile.*

Introducción

No es fácil escribir algo novedoso sobre la vida y obra del profesor alemán Dr. Johannes Brügger Messtorff (1887-1953) después de algunos esfuerzos previos muy completos sobre nuestro personaje como lo es la perspectiva preparada por Jofré Rodríguez (1993). En su mayoría las semblanzas previas fueron realizadas por sus alumnos en la carrera de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, en una época anterior a la creación de la carrera de Geología en esa misma facultad. La presente rememoración representa un homenaje al Profesor Johannes Brügger de parte de geocientistas chilenos que realizaron sus estudios con posterioridad a su retiro de las aulas universitarias en 1942, y que han podido apreciar, a lo largo de numerosos años recorriendo el país y revisando su geología, el lúcido y enorme aporte efectuado por el Dr. Brügger.

Bosquejo biográfico

Johannes Brügger nació en Lübeck, Schleswig-Holstein, Alemania, el 25 de abril de 1887 y falleció en Santiago de Chile el 7 de Marzo de 1953 (Fig. 1). Sus padres fueron Henrich Brügger (oriundo de Holstein) y Marie Messtorff (natural de Neumünster), cuyos antepasados provenían de familias de agricultores e industriales textiles, respectivamente (Jofré Rodríguez, 1993). Johannes o Juan, como se acostumbró a llamarlo en Chile, fue el más estudioso de los seis hijos que tuvo el matrimonio Brügger Messtorff. En su adolescencia fue un destacado alumno del Gymnasium Katharineum de su ciudad natal, hasta 1905. Posteriormente, estudió geología en las universidades de Jena, Zürich, Viena y Bonn. En esta última, el 22 de noviembre de 1910, obtuvo el grado académico de doctor (Gun-Bayer, 1953; Jofré Rodríguez, 1993). En sus últimos años de estudios, en la Universidad de Bonn, fué alumno del Profesor Gustav Steinmann (Muñoz Cristi, 1950), quien se incorporó a esa institución en el invierno de 1906 (Seibold & Seibold, 2010). Su tesis de doctorado, bajo la dirección del Profesor Steinmann, versó sobre los fósiles del Cretácico de Perú.

Una vez obtenido su doctorado sirvió como profesor auxiliar en el Instituto Geológico de la Escuela Politécnica de Delft en Holanda. Estando allí y un año después de haberse graduado, Johannes Brügger fue contratado, en 1911, como geólogo investigador por el Ministerio de Industrias y Obras Públicas de Chile, donde prestó servicios por 6 años efectuando exploraciones sistemáticas de la zona carbonífera (Gun-Bayer, 1953). La contratación del Dr. Brügger se produjo junto con la de otro joven geólogo alemán, el Dr. Johannes Felsch (1882-1952).

En 1913, contrajo matrimonio con la chilena Helga Lenz († 2 de diciembre de 2001), escritora, hija del ilustre lingüista alemán doctor Rodolfo Lenz, formando una familia germano chilena de cuya unión nacieron tres hijas: Helga (1914), Hindenburg (1916) y Herta (1924) (Jofré Rodríguez, 1993).

En 1917, inició su carrera académica y científica como Profesor de Geología en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile, que se extendería exitosamente por cerca de 40 años. Allí vino a reemplazar a Don Ernesto Maier, recientemente fallecido, quien, hasta ese entonces, había ocupado la cátedra de geología por 10 años y había sido la persona que lo contactó para venir a Chile a trabajar en el Ministerio de Industrias y Obras Públicas (Peña y Lillo, 1942; Jofré Rodríguez, 1993). En 1919, fue nombrado profesor de Mineralogía en esa misma institución. A partir de 1923, desempeñó las mismas cátedras en el Instituto Pedagógico (Aceituno, 2010). Además, desde 1929 hasta 1934, enseñó geología en la Academia de Topografía y Geodesia del Instituto Geográfico Militar (Gun-Bayer, 1953). Además de toda esa actividad, fue por un tiempo miembro del directorio de la Sociedad Nacional de Minería.

Toda esa actividad, con más de 20 horas semanales de clase, le dejaba poco tiempo para realizar investigación, pudiendo dedicar solo las vacaciones para este propósito. Sin embargo, muchas de sus campañas las realizaba por encargos de instituciones de gobierno y de particulares. En todas ellas aprovechó para hacer observaciones geológicas que incrementaron su gran conocimiento de la geología de Chile y se expresarían más adelante en sus síntesis geológicas (Gun-Bayer, 1953).

Durante su estadía en Chile, Brügger realizó tres largos viajes a Europa, fundamentalmente a Alemania. En el primero, de 1921 a 1922, profundizó estudios en la Universidad de Berlín, en el segundo, en 1932-1933, dictó numerosas conferencias en universidades y centros de estudios, y en el tercero, en 1937-1938, realizado por invitación de 5 universidades y escuelas superiores, dictó conferencias sobre diferentes aspectos de la geología de Chile.

A principios de 1942, a los 55 años de edad, por motivos de salud se retiró definitivamente de la actividad docente. Con ese motivo, la universidad le rindió un homenaje el sábado 17 de Octubre de ese año en la Escuela de Ingeniería de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. En esa ocasión participaron académicos de esa facultad, autoridades nacionales en el área de la Ingeniería de Minas, egresados y estudiantes de esa carrera y el destacado geólogo argentino Don Horacio J. Harrington (Veyl, 1942). Hicieron el elogio del profesor el Presidente del Centro de Estudiantes de Ingeniería de Minas, señor Carlos Veyl, el Presidente del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile, señor Marín Rodríguez, alumno del primer curso dictado por Brügger (Rodríguez, 1942), y el Secretario General de la Sociedad Nacional de Minería, señor Oscar Peña y Lillo. La primera alumna de Ingeniería de Minas de Chile, señorita Carmen Schwarze, tuvo el encargo de hacer entrega al Dr. Brügger de un pergamino recordatorio y de condecorarlo con una medalla de oro (Boletín Minero, 1942). En su discurso de despedida el Prof. Brügger expresó *“Si tengo que abandonar mi trabajo docente en estos días, es altamente satisfactorio para mí, que lo dejo en manos de dos ex alumnos y amigos, los ingenieros de minas Jorge Muñoz Cristi y Héctor Flores Williams, que no solo se han especializado en los ramos más importantes de la geología, sino que conocen también a fondo la geología de Chile, y que ya han intervenido en los últimos años en la enseñanza en forma muy activa y provechosa”* (Brügger, 1942). Sus alumnos Jorge Muñoz Cristi y Héctor Flores Williams serían posteriormente, junto con el geógrafo Don Humberto Fuenzalida Villegas, los creadores de la Carrera de Geología en esta misma facultad.

En sesión solemne de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas del 5 de Octubre de 1950 fue incorporado como Miembro Académico de esa unidad académica en reemplazo de Washington Lastarria, quien había sucedido en esa distinción a Antonio Ramírez (Brügger, 1950a). El discurso de recepción fue pronunciado por el Prof. Jorge Muñoz Cristi (Muñoz Cristi, 1950), quien, tras el fallecimiento del Prof. Brügger, sería su sucesor como Miembro Académico de esa Facultad.

Su alejamiento de las aulas no significó que dejara de meditar y escribir sobre la geología de Chile, sino que siguió trabajando y dando a luz una cantidad importante de publicaciones que abarcan muy diversos temas de nuestra geología. Aparentemente, después de un primer ataque cerebral, perdió parcialmente el uso de la palabra, pero la inteligencia y el espíritu investigador le quedaron hasta los

últimos días (Gun-Bayer, 1953). El mismo autor señala que, incluso en el lecho de muerte, se le oía exponer sus planes para una gran obra científica que le quedaba por publicar. Por la descripción de su esposa, la muerte de Juan Brügger se habría debido a un ataque al corazón (Gun-Bayer, 1953). El 7 de Marzo de 1953, con casi 66 años cumplidos, falleció en su casa de la calle Carrera 130, después de 42 años en el país.



Figura 1. El Profesor Dr. Johannes Brügger

Contexto histórico

Según Pinto Vallejos (1993), la llegada del Dr. Brügger a Chile se produjo en pleno auge de la bonanza salitrera, que sustentaba ya por treinta años un crecimiento económico sin precedentes. Esta bonanza no estuvo exenta de conflictos sociales, los cuales hicieron temer que ésta se terminase como una oportunidad perdida y llevó a pensar en la necesidad de diversificar la actividad minera (Pinto Vallejos, 1993).

La llegada a Chile de Johannes Brügger, junto con el geólogo alemán Johannes Felsch, parece obedecer a la necesidad de incrementar en el país el conocimiento de la geología o "*Jeognosia*", como se la denominaba en esa época (De Paula Pérez, 1863). Este autor había planteado, ya a mediados del siglo anterior, la necesidad de incrementar la capacidad técnica, el conocimiento científico y la diversificación en las áreas de la minería y la metalurgia para que la industria minera alcanzara el "*grado de perfeccionamiento de que es susceptible; su importancia actual la debe más a la prodigalidad de la naturaleza que al arte i a la ciencia*". Así mismo, según Jofré Rodríguez (1993), a continuación de la Guerra del Pacífico de 1879, la expansión profesional de la universidad se consolidó acorde con las necesidades del país centradas, principalmente, en la explotación del salitre, el guano, el carbón, la minería metálica, la prospección de petróleo y los requerimientos del país en

obras públicas. En este contexto económico y social fueron contratados por el Gobierno chileno los geólogos alemanes Johannes Brügger y Johannes Felsch. Johannes Felsch se orientó a las exploraciones petroleras en la región austral, mientras que Brügger, en sus primeros años en el país, robusteció el reconocimiento geológico de la zona carbonífera de Chile central-sur y a los pocos años, al migrar a la universidad, se enfocaría, además, a incrementar el conocimiento geológico de Chile y a fortalecer la formación de los cuadros profesionales orientados a la explotación de esos recursos y a la construcción de obras de la ingeniería.

Personalidad del Prof. Brügger

No es mucho lo que se ha escrito sobre la personalidad de Johannes Brügger. Sus alumnos recuerdan que sus clases eran muy amenas y siempre ilustradas con ejemplos de Chile, *“país que conocía mejor que cualquier chileno”*, pero *“sujetas a una rígida disciplina científica”* (Flores Williams, 1953). Muñoz Cristi (1950) refiere que Brügger era muy estimado por sus alumnos por su *“carácter juvenil y afable unido a la admiración despertada por el sabio”*. Otro de sus alumnos, Luis A. Puga, lo recuerda como un *“hombre sencillo y cordial, al maestro sabio y bondadoso cuya alma tenía candores y timideces de niño y que, haciendo de Chile su segunda patria, la sirvió con lealtad germánica”* (Puga, 1953).

La rígida disciplina científica referida por Flores Williams (1953) se detecta inmediatamente al revisar sus publicaciones y de este ejercicio se puede, además, deducir que Brügger fue un hombre organizado, metucioso y estudioso. Gun-Bayer (1953) señala que en los 9 años que perteneció a la Academia Chilena de Ciencias Naturales, de la cual fue Vicepresidente, fue uno de los miembros más activos y que rara vez faltó a las sesiones; año a año, leía uno o dos trabajos que se distinguían por su lucidez científica y un estilo ameno y claro. Esto pone en evidencia la responsabilidad con que Brügger asumía sus compromisos.

Durante gran parte de su vida el Dr. Brügger no manifestó mayor apego a la religión hasta el punto que alguien dijera que nunca pisaría el umbral de la Universidad Católica, sin embargo, según señala Gun-Bayer (1953), no habría dudado ni un instante en aceptar la invitación para ingresar como miembro a la Academia Científica de la Universidad Católica. Según este autor, en sus últimos años tuvo un progresivo acercamiento a la religión.

Distinciones recibidas por Johannes Brügger

A lo largo de su vida, el Prof. Brügger recibió numerosos honores: Miembro Honorario del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile y Medalla al Mérito del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile; Miembro, en 1944, de la Academia Chilena de Ciencias Naturales, academia científica de la Universidad Católica de Chile, en la cual fue recibido por unanimidad y sin votación, en vista de su gran prestigio científico (Gun-Bayer, 1953); Miembro Académico de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, en 1950. En Alemania fue nombrado miembro de la Asociación Geológica de Alemania y de las Sociedades Geográficas de Berlín y Würzburg.

La trascendencia del Prof. Brügger en la geología chilena se ha visto reconocida con:

1. La creación, en 1942, por el Instituto de Ingenieros de Minas de Chile, del “Premio Juan Brügger”, galardón destinado a premiar a los alumnos destacados de Ingeniería de Minas, distinción creada en 1942 y anunciada por el Presidente del Instituto en el Homenaje al Dr. Juan Brügger realizado en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile con motivo de su retiro de la labor docente.

2. La instauración, en el año 1985, de parte del Colegio de Geólogos de Chile A.G., del “Premio Nacional de Geología - Medalla al Mérito Juan Brüggen”, que se otorga cada tres años a geólogos que hayan realizado aportes relevantes a la geología (Fig. 2).

3. La dedicación a su nombre del III Congreso Geológico Chileno, organizado en 1982 por el Departamento de Geociencias de la Universidad de Concepción.



Figura 2. Medalla del Premio Nacional de Geología Profesor Juan Brüggen.

Además, se lo ha honrado con la designación de un glaciar con su nombre en el Campo de Hielo Patagónico Sur, y el nombramiento de brüggenita al mineral cuya fórmula es $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, descubierto en 1974 en la Oficina Lautaro, Región de Antofagasta, por el geólogo norteamericano Dr. George Ericksen (Mrose *et al.*, 1971). El Consejo de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, en su sesión del 9 de Abril de 1953, acordó que la sala de Geología llevara el nombre del Prof. Brüggen y que se instalara en ella su retrato. Esta sala, que actualmente forma parte de la Biblioteca Central de esa facultad, es la gran sala del segundo piso del Edificio Escuela que da a la Avenida Blanco Encalada. El retrato ya no se encuentra allí; probablemente fue retirado en los años 1995 y 1996 durante la restauración del edificio, dañado por el terremoto de 1985.

Estos reconocimientos muestran el impacto ejercido por el Profesor Johannes Brüggen en la geología y las disciplinas relacionadas, que demuestran, sin lugar a dudas, que fue el gran impulsor de la geología en el país.

Análisis de la obra de Johannes Brüggen

A las visiones sintéticas sobre la geología de Chile que nos dejaron grandes naturalistas y geólogos como Molina (1740-1829), Domeyko (1802-1889), Philippi (1808-1904), Darwin (1809-1882), Pissis (1812-1889) y Sundt (1839-1933) se agregaron, entrado el siglo XX, los importantes estudios geológicos realizados por el Prof. Brüggen. Fue él quien trazó las primeras líneas de una visión integrada de la geología chilena con su legado más importante, el libro *Fundamentos de Geología de Chile* (1950c), el que corresponde a una fusión de sus principales trabajos, realizados a lo largo de cerca de 40 años de investigación. Esta obra es una actualización de su libro anterior titulado *Grundzüge der Lagerstättenkunde Chiles* (*Fundamentos de geología de yacimientos minerales de Chile*), publicado por la Academia de Ciencias de Heidelberg, en 1934. A estos libros deben agregarse unas 60 publicaciones en revistas científicas, e innumerables informes sobre distintos aspectos de la geología y recursos naturales del país. No se puede dejar de mencionar sus textos didácticos “Geología” (1942a), “Geología Económica” (1942b) y “Tablas para la Enseñanza de la Mineralogía” (1931), las que, en esa época, representaron un necesario aporte en castellano, que fue utilizado por las primeras generaciones de estudiantes de geología en Chile y otros países de este continente.

Durante su productiva y destacada trayectoria académica creó el Instituto de Geología (Millán, 2006), unidad de investigación en geología dependiente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, que fue el primer centro académico de la disciplina en la Universidad de Chile y en el país. Es en este Instituto donde se formaban los Ingenieros de Minas con mención en Geología. Fueron los egresados de la carrera de Ingeniería de Minas con mención en geología de esa época quienes con sus estudios sustentaron la explotación de las numerosas minas activas en ese momento, de los primeros grandes yacimientos minerales, de los extensos mantos de carbón en la región de Arauco y del petróleo en la región de Magallanes. Para la formación geológica de los ingenieros de minas, la presencia, a partir de 1917, del profesor Brügger en la Universidad de Chile fue fundamental.

Según Jofré Rodríguez (1993, p. 182) a la época del arribo del Prof. Brügger a Chile, los estudios de geología no atraían la atención de los estudiantes de ingeniería. *“La labor que el profesor Brügger desarrolló en este sentido es de vastas proporciones y ella habrá de merecer el respeto y la admiración de cuantos se interesen, en el futuro, por tan importante rama de la minería”*. El profesor Brügger impartió docencia en geología a numerosas generaciones de ingenieros de minas, entre las cuales se encontraban, los renombrados ingenieros Héctor Flores Williams, Luis Kaiser, Jorge Muñoz Cristi, Marín Rodríguez, Carlos Ruiz, Eduardo Simián, Carlos Veyl, y muchos otros, quienes consolidaron el desarrollo de la industria extractiva en Chile. Varios de ellos impartieron posteriormente docencia a las primeras generaciones de estudiantes de Geología en la Universidad de Chile.

En la extensa lista de publicaciones del Prof. Brügger (ver Apéndice) se observan épocas en las que manifestó preferencia por algunas revistas; primero, entre los años 1913 y 1927, publicó casi exclusivamente en el Boletín Minero de la Sociedad Nacional de Minería, y, posteriormente, la gran mayoría de sus publicaciones en Chile las realizó en la Revista Chilena de Historia y Geografía, de cuya sociedad fue miembro.

Brügger fue un autor solitario. Realizó solamente dos publicaciones, sobre exploración geofísica, en las que participa como segundo autor. Esto puede atribuirse a la ausencia, en esa época y en el país, de interlocutores cercanos especializados en la geología de Chile. Posiblemente, es también por esa razón que en sus trabajos hace mayormente referencia a autores alemanes y europeos. Por ejemplo, en su trabajo sobre la glaciación en la Cordillera de los Andes citó a Brackenbusch, Darwin, Domeyko, Felsch, Gerth, Groeber, Güssfeldt, Hauthal, Helbling, Kühn, Penk, Plagemann, Reichert, Stappenbeck, Steffen, entre los más conocidos, para recabar información de ambas vertientes de la cordillera, y a otros autores extranjeros al analizar las glaciaciones cuaternarias en la Tierra y la glaciación en Bolivia. El único chileno citado es al ingeniero Luis Risopatrón, autor, en 1920, del Diccionario Geográfico de Chile.

De la lectura de sus trabajos se desprende que poseyó una notable capacidad de observación, una gran capacidad de síntesis y amplios conocimientos de geología. Estas cualidades le permitieron abarcar tópicos muy variados. Hay que destacar la versatilidad con que supo abordar aspectos tan diferentes como el volcanismo, los riesgos y peligros geológicos, el agua subterránea, la geotecnia, los yacimientos minerales, la geología de los distritos carboníferos y la minería del carbón, los yacimientos de salitre y de guano, los geiseres, las termas y las aguas minerales, la geología glacial (glaciología) y la cronología de las épocas glaciales, la sismicidad, el geopatrimonio, la geomorfología, la naturaleza de las migmatitas, etc. Su capacidad para abordar temas tan diferentes pone en evidencia su gran dominio de la geología, sin contar con que en algunos de ellos mostró una visión avanzada para su época. Muchos de los temas que abordó son de gran actualidad en este momento.

Sus obras son el resultado de la elaboración cuidadosa y prolongada de los temas elegidos y son, generalmente, extensas, integradoras del conocimiento existente hasta ese momento, y con abundantes descripciones sobre cada antecedente disponible respecto del tema tratado.

Los trabajos de Brügger, tales como los estudios sobre el agua subterránea de la Pampa del Tamarugal (1936a), la glaciación de la Cordillera de los Andes (1928) y el volcanismo en Chile (1950b), son síntesis muy bien organizadas. Se presentan en subcapítulos que van desde la situación geológica general hasta los aspectos de mayor detalle, siguiendo siempre la línea de lo general a lo particular, e incluso llegando hasta los más mínimos detalles. El cuerpo central de estos estudios consiste en una descripción muy detallada de todas las localidades en las que existe información para documentar el tema considerado, mostrando con ello su gran meticulosidad. Al parecer, muchos de estos estudios fueron encargos recibidos por el Prof. Brügger de parte de instituciones gubernamentales o regionales y de particulares, no obstante, en todos ellos está presente el rigor académico. Las publicaciones que realizó en revistas científicas de Alemania sobre esos mismos temas son considerablemente más concisas.

Muchos de sus trabajos se refieren a la parte norte del país y tratan sobre la geología regional de esa región y temas de especial interés económico en esa época, tales como, el agua subterránea, el salitre, los depósitos de sal, carbón y guano y los yacimientos de apatita y de hierro. Curiosamente, no existen, en su nutrida bibliografía, trabajos relacionados con la geología regional de la Cordillera Principal de la región central de Chile, aun cuando ocasionalmente se encuentran en sus artículos menciones sobre visitas a diversas localidades y valles cordilleranos de la región central al referirse al volcanismo reciente y a los depósitos glaciares. En cambio, realizó dos contribuciones sobre la geología de las provincias de Valdivia y Llanquihue (actuales regiones de Los Ríos y Los Lagos) (Brügger, 1944 a y b), y dos sobre la región del Canal de Ofqui (Brügger, 1935, 1936b), ambas publicadas en dos partes. Otros temas que captaron su interés fueron el volcanismo y las aguas termales, la glaciación andina y los terremotos.

Fuera de una breve enumeración comentada de los aspectos geológicos abordados por Brügger, realizada por Muñoz-Cristi (1950), no existe ningún análisis publicado sobre la contribución del Dr. Brügger al conocimiento geológico del territorio chileno. A continuación y tal como se anunció al inicio de este texto, destacamos algunos aspectos relevantes de su aporte al conocimiento de la geología de Chile.

Aspectos generales y definiciones empleadas por Brügger

En sus trabajos relacionados con la geología de Chile utilizó el concepto “*rocas fundamentales*” para referirse a las unidades litológicas compactas anteriores al plegamiento principal de la cordillera en el “*cretáceo medio*” (Brügger, 1941). Entre estas rocas incluyó unidades del Triásico, que mencionó para las regiones de La Ternera, alto valle del río Huasco, Los Vilos, valle inferior del Bio-Bío y Nielol-Huimpil, cerca de Temuco, y las unidades precretácicas reconocidas en Concepción y Arauco (Brügger, 1913a,b, 1934).

Para referirse a las unidades más recientes dentro de estas “*rocas fundamentales*” empleó el término “*formación porfirítica*”, esencialmente en el mismo sentido que le dio Darwin (1846), es decir, unidades que datan de “*épocas geológicas remotas, a lo menos desde el mesozoico, cuando se formaron los miles de metros de rocas de la Formación Porfirítica en el jurásico y cretáceo inferior. Una idea de la importancia de este volcanismo del mesozoico, la obtenemos al mirar las faldas de 2,000 a 3,000 m. de altura sea del Cerro de Ramón o de los valles andinos del Maipo o Aconcagua, compuestas exclusivamente de material volcánico provenientes de las erupciones porfiríticas*” (Brügger, 1950b), que hoy sabemos corresponden a rocas cenozoicas de las formaciones Abanico y Farellones. En el libro de 1950c, se recoge información de Jorge Muñoz Cristi y se precisa que “*las rocas eruptivas comienzan a aparecer en el triásico con más de 400 m de pórfidos cuarcíferos y keratofiros...*”. Señala, además, que una vez terminada “*esta fase eruptiva, se produjo el plegamiento de la cordillera y, al mismo tiempo, la intrusión del gran batolito de granodiorita o granito andino.*

Casi sin interrupción el gran batolito se extiende desde el Cabo de Hornos hasta la región de Chañaral, continuando después en largos, pero estrechos afloramientos a lo largo de la costa". "Después del plegamiento parece haber descansado el volcanismo durante algún tiempo" (Brüggen, 1950b); este intervalo de tiempo correspondería al lapso transcurrido entre el depósito de las formaciones Altos de Pica o "formación liparítica", según Brüggen, en el norte, y unidades volcánicas como la Formación Farellones, en Chile central, y el "volcanismo moderno", o sea, el del arco actual.

En relación con el "volcanismo moderno", Brüggen (1950b) destacó "...la relación del volcanismo andino con los valles longitudinales de Chile. Solamente allá donde existe un valle longitudinal bien desarrollado, aparece al este de él, en la Cordillera de los Andes, una zona extensa de volcanes". Más adelante agrega: "En Patagonia, donde con el canal de Moraleda se pierde el valle longitudinal, disminuye el número de volcanes". En cuanto al origen del valle longitudinal señaló que correspondería a una gran fosa tectónica bordeada por dos líneas de falla de orientación N-S (Brüggen 1950c).

Sobre la geología del norte de Chile y la evolución de la cordillera

El trabajo sobre el agua subterránea de la Pampa del Tamarugal y morfología general de Tarapacá (1936), que aborda la región del extremo norte de Chile, no solo representa un valioso y muy detallado aporte a la hidrogeología y al contexto geológico general de la región, sino que ilustra muy bien la concepción que tenía Brüggen de la evolución andina. En su introducción presenta, como se sigue acostumbrando en la actualidad en trabajos de geología regional y tectónica, una descripción de las unidades morfológicas o morfoestructurales, como las denominamos hoy. Al referirse a la Cordillera Principal señaló: "En gran extensión, la Cordillera de los Andes se levanta en forma insensible debajo de los sedimentos modernos de la Pampa. Su falda occidental constituye un gran plano inclinado que sube desde los 1,100 m. hasta los 4,000 m. Encima de este plano inclinado se elevan aislados cordones de cerros compuestos por rocas fundamentales, de edad anterior al plegamiento de la cordillera. Y encima de la altiplanicie de 4,000 m. constituida por la continuación del plano inclinado, se levantan los grandes volcanes del norte" (Fig. 3). Un párrafo que, en la actualidad, podríamos utilizar sin modificaciones como introducción para cualquier estudio sobre esa región.

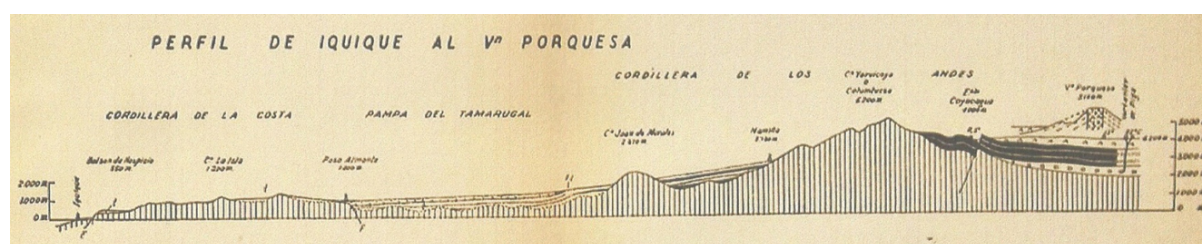


Figura 3. Perfil de Iquique hasta el volcán Porquesa que ilustra la descripción morfológica hecha por Brüggen (1936) para esa región.

Su visión respecto de la historia geológica de la región de Tarapacá, queda reflejada en los siguientes párrafos, copiados textualmente del mismo trabajo: "La división del Norte en Cordillera de la Costa, Valle Longitudinal y Cordillera de los Andes es relativamente moderna. En la época mesozoica, en el Jurásico y el Cretáceo inferior, toda la región era fondo del mar, como lo comprueban los numerosos fósiles marinos que se hallan en las rocas calcáreas,...". "Todas estas rocas sufrieron un fuerte plegamiento en el cretáceo medio, tanto en la región de la costa como en la zona andina. Con este plegamiento se formó una sola ancha serranía que se extendía desde la Cordillera de los Andes hasta mucho más allá de la costa actual". "Junto con el plegamiento se

habrán producido las intrusiones de los macizos granodioríticos...”. “En el cretáceo superior y en el terciario inferior, la Cordillera que se extendía según vimos, desde Bolivia hasta más allá de la costa actual, sufría una fuerte denudación que la redujo a un lomaje bajo. En el terciario inferior, se produjeron fuertes dislocaciones en fallas de rumbo N-S, resultando largas cadenas de la misma dirección. Por las fallas resultaron bloques inclinados que presentaron un fuerte declive hacia el E, descendiendo con poco declive hacia el Oeste, tal como puede observarse todavía hoy día al Este del Morro de Tarapacá. Las dislocaciones eran contemporáneas con las fallas que, más al Sur, dislocaron los mantos de carbón de Arauco, donde produjeron la misma clase de dislocaciones”. “Con estas dislocaciones debe haber terminado también el clima de la región nortina, que hasta el terciario inferior había sido de lluvias regulares y que se puso muy seco para todo el resto del terciario”. “Esto tuvo como consecuencia que los esteros y ríos intermitentes ya no eran capaces de llevar sus sedimentos hasta el mar; sino que los acumularon en las depresiones que había entremedio de los cordones y que se rellenaron hasta alturas considerables”. “la región andina era teatro de enormes erupciones volcánicas, cuyos productos se nos presentan hoy día como los miles de metros de la Formación Liparítica. De largas grietas situadas en la alta cordillera, cerca del límite con Bolivia, salieron inmensas cantidades de lavas y tobas liparíticas, que se extendieron hacia los dos lados, tanto hacia la región de la actual altiplanicie de Bolivia, como hacia el Oeste. Las lavas rellenaron especialmente los valles y depresiones y, junto con los rodados y arenas, cubrían los cerros hasta alturas de muchos centenares de metros, de modo que la mayor parte de las serranías antiguas quedaron cubiertas por las lavas y solamente las cumbres más altas se levantaron como islas encima del mar de las enormes lavas incandescentes. Cada una de estas corrientes habrá tenido una superficie de centenares de kilómetros cuadrados. El espesor de las lavas habrá sido de varias decenas de metros cerca de su punto de salida; pero a mayor distancia bajó a pocos metros. Hacia el Oeste, las lavas alcanzaron un poco más allá del actual pie de la alta Cordillera; pero en dirección N. S. se extienden sin interrupción desde Arica hasta el interior de Copiapó”. “La composición de la formación liparítica puede estudiarse en los profundos cortes de las quebradas andinas, especialmente en las de Tarapacá, Aroma, Tana, etc. En Aroma se trata de más de 1,000 metros compuestos por conglomerados y areniscas poco duras con intercalaciones de arcillas; y entre estos sedimentos yacen las lavas liparitas...”. “Tanto las areniscas como los conglomerados se componen preferentemente de material que proviene de la destrucción de las liparitas situadas cerca del punto de erupción”. “La formación terciaria termina hacia arriba con un conglomerado oscuro de muchas decenas de metros de espesor que se caracteriza por tener gran cantidad de rodados de lavas oscuras de material traquiandesítico. Estas lavas provienen de antiguos volcanes sobrepuestos a la formación liparítica, como el cerro Mamuta, Guachane, Tolompa, etc”. “De ellos se han desprendido grandes corrientes de lavas, de muchos kilómetros cuadrados de superficie, aunque de dimensiones más reducidas que las lavas liparíticas”. “El enorme relleno de los valles infraterciarios de la alta Cordillera puede explicarse solamente por un estancamiento de la parte inferior de estos valles. Y este estancamiento se produjo debido al primer solevantamiento de la Cordillera de la Costa por las dislocaciones del terciario inferior. De este modo se formó una larga y ancha depresión al pie de la cordillera que era un primer precursor del Valle Longitudinal. Los ríos de la alta Cordillera se estancaron en forma de grandes lagos en esta de presión y la rellenaron paulatinamente con sus sedimentos, hasta que rebalsaron por los portezuelos más bajos”.

De lo anterior se desprende una notable comprensión de la evolución geológica de la cordillera y de cómo los factores tectónicos de deformación y alzamiento se relacionaban con el clima y las condiciones de erosión y sedimentación, temas éstos de mucha actualidad en nuestro tiempo. De lo anterior, cabe destacar, entre otros aspectos, la concepción que tenía de: 1, La magnitud y extensión regional de la deformación del Cretácico Inferior temprano o Fase Peruana con la formación de una primera “serranía” que iba desde “desde Bolivia hasta más allá de la costa actual” y de su estrecha

relación con la actividad magmática asociada, es decir, lo que él denominaba “*las intrusiones de los macizos granodioríticos*”; 2, La extensión que habría alcanzado en el pasado la cordillera que se extendía “*hasta mucho más allá de la costa actual*”; 3, La intensa erosión de esta cordillera, que “*la redujo a un lomaje bajo*”, cuya superficie, cubierta posteriormente por gruesos espesores de gravas, hoy se denomina Pedimento de Choja (Galli, 1957); 4, Las “*fuertes dislocaciones en fallas de rumbo N. S.*”, por las que “*resultaron bloques inclinados que presentaron un fuerte declive hacia el E., descendiendo con poco declive hacia el Oeste*”, hoy sabemos que son fallas inversas con vergencia al oeste, que afectan a la Precordillera y determinan las flexuras y el escalonamiento y declive hacia el oeste que presenta el pedimento de Tarapacá (Fig. 4); 5, La correlación que estableció entre esta deformación (“*dislocaciones*”) y la que afecta al borde occidental de la Cordillera de la Costa en la región de Arauco, a más de 2.500 m de distancia, que pone en evidencia su capacidad de visualizar los procesos orogénicos andinos a escala regional; 6, La percepción que tenía de la existencia de un cambio en las condiciones climáticas, lo cual nos lleva a concluir que intuyó que el alzamiento implícito con estas “*dislocaciones*” habría tenido efectos de barrera climática; 7, La existencia de una barrera a los flujos sedimentarios que descendían de la Precordillera ejercida por la Cordillera de la Costa; 8, El gran espesor (“*más de 1,000 metros*”), que localmente alcanzan a tener de los flujos “*liparíticos*” (ignimbríticos) del (“*terciario medio, en el mioceno*”) y la enorme continuidad, que puede alcanzar a una “*superficie de centenares de kilómetros cuadrados*”, que se alternan con gravas compuestas “*preferentemente de material que proviene de la destrucción de las liparitas*”, y, finalmente; 9, La relación entre los depósitos con que culmina la “*formación terciaria*”, constituidos por un “*conglomerado oscuro de muchas decenas de metros de espesor que se caracteriza por tener gran cantidad de rodados de lavas oscuras de material traquiandesítico*” (Formación El Diablo) y lavas que “*proviene de antiguos volcanes sobrepuestos a la formación liparítica* (Formación Altos de Pica), como el cerro Mamuta, Guachane, Tolompa, etc”, que hoy sabemos que tienen 11 Ma por dataciones en lavas que engranan con la Fm. El Diablo (Farías *et al.*, 2005).

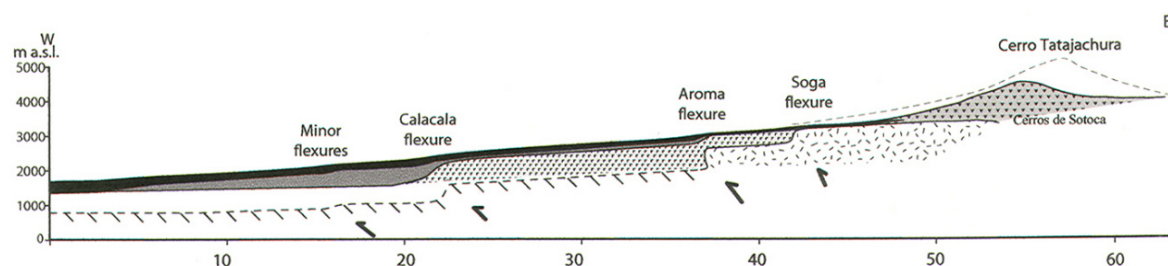


Figura 4. Perfil por quebrada Aroma mostrando las fallas inversas y las flexuras asociadas que afectan a los depósitos de las formaciones Altos de Pica (punteado) y El Diablo (gris y negro), en la Precordillera, al este de Pisagua e Iquique (~19°30'S) (tomado de Farías *et al.*, 2005).

Nos parece necesario destacar en el perfil por Altos de Pica presentado por Brügger la correcta observación y representación que hizo de los estratos de crecimiento en la formación que hoy conocemos como Altos de Pica (Fig. 5), lo cual fue destacado recientemente como revelador de la sedimentación sintectónica asociada al crecimiento de las flexuras de la Precordillera chilena por Mortimer (1980), Pinto *et al.* (2004), Victor *et al.* 2004, y Farías *et al.* (2005).

En relación al paso de condiciones que permitieron la acumulación de los depósitos que conforman la cobertura del pedimento de Choja y el desarrollo de la superficie pedimentaria de Tarapacá, a un régimen de fuerte incisión, Brügger propuso que ésta se habría producido una vez que la depresión endorreica formada entre la Cordillera de la Costa y la Precordillera se colmató de modo que los ríos que descendían de la partes elevadas pudieron alcanzar el mar. Eso es válido para algunas quebradas como las de Lluta, Azapa, Vitor, Camarones y Tana o Camiña, que atraviesan la Cordillera de la Costa, pero no lo es hasta el presente para quebradas importantes como las de Aroma, Tarapacá y

otras hasta el río Loa. La incisión, iniciada, aproximadamente, a los 8-9 Ma (Pinto *et al.*, 2004), requiere, por lo tanto, de otra explicación. En relación con esto, Riquelme *et al.* (2007) propusieron que, a pesar del aumento de la aridez, un pequeño alzamiento de la cordillera con un ligero aumento de la inclinación hacia el oeste del flanco occidental de la cordillera, serían los causantes de la mayor capacidad de incisión de los cauces. Con la mayor altura que habría adquirido la cordillera se habrían formado glaciares en las regiones más elevadas, que habrían proporcionado el agua suficiente a los cursos fluviales para producir la incisión.

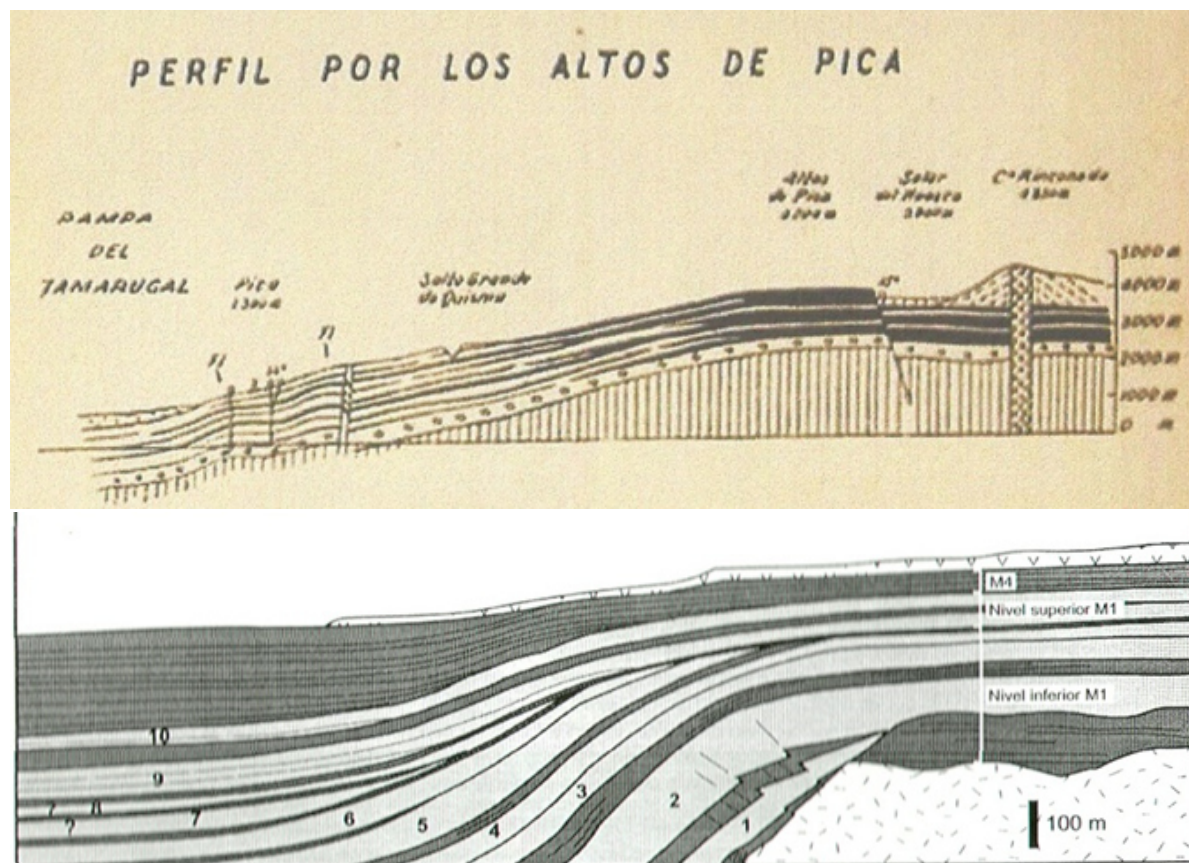


Figura 5. Perfil Altos de Pica con estratos de crecimiento asociados a la flexura Moquella. Arriba, perfil de Brüggen (1928), abajo, perfil de Pinto *et al.* (2004).

A pesar de las objeciones que hoy podemos hacer a las interpretaciones de Brüggen, basadas en la información acumulada desde esa época, lo descrito por este autor no difiere mayormente de lo que hemos escrito en nuestros propios trabajos sobre la misma región hace sólo algunos años. Esto es algo, que siempre desconcierta, a la vez que nos hace sentir empequeñecidos, al ver que los autores anteriores comprendieron el problema general, y que los investigadores posteriores, en muchos casos, sólo enriquecen ese marco general. Visto desde la perspectiva actual, queda en evidencia la inmensa contribución al progreso de la geología que produjo el advenimiento de las técnicas de datación radioisotópica incorporadas a nuestro acervo a fines de la década de 1950. En relación con esto, no se puede dejar de mencionar el fenomenal impulso que el Dr. Umberto Cordani de Sao Paulo, Brasil, dio generosamente a esta disciplina en América del Sur.

Sobre la hidrogeología del norte de Chile

En relación con la hidrogeología y sobre la base los antecedentes geológicos expuestos para el norte de Chile, señaló que, para los efectos del agua subterránea, las “*rocas fundamentales*” serían

impermeables y que *“el agua dulce de la Pampa provendrá de las partes más altas de los Andes, donde se infiltra el agua de las lluvias en regiones que carecen de sales superficiales; además contribuirá también el agua profunda de origen volcánico. Estas aguas descienden por las capas inferiores y permeables de la formación liparítica”*. Con esto, Brügger se refiere a lo que denominó *“el valle terciario”*, lo que, al parecer, sería la topografía preexistente al momento de depositarse la Formación Altos de Pica, es decir, el pedimento de Choja, relieve rellenado por abundantes depósitos conglomerádicos que se alternan con depósitos piroclásticos félsicos. Continuó el planteamiento indicando que: *“Al llegar al pie occidental de la alta cordillera, se encuentran con fallas, flexuras y grietas, por las cuales sube una parte hasta la superficie como en las vertientes de Pica”*, haciendo referencia a un control ejercido por las fallas que dieron origen a las flexuras ilustradas en la figura 4. Señaló, además, que *“Otras aguas se infiltrarán en las arenas superficiales donde han sido captadas por numerosos socavones en la misma región de Pica”*. Más adelante agregó: *“Por el otro lado, las aguas fuertemente saladas del pie de la Cordillera de la Costa se caracterizan por prevalecer los cloruros”* y terminó señalando: *“Resulta que no podemos considerar las aguas salobres como provenientes del agua dulce por una evaporación y concentración sino se trata de aguas que, a lo menos en parte, tendrán otro origen. La presencia de agua subterránea en los terrenos salitreros situados en medio de la Cordillera de la Costa, donde no llueve nunca, nos enseña que allá se forman considerables cantidades de agua por otros procesos, como por condensación del vapor de agua contenido en el aire.”*

Sobre la geología de los depósitos de carbón del Chile central-sur

En relación con sus trabajos sobre el carbón de la región de Concepción y Arauco, su primera publicación (Brügger, 1913a) corresponde, tal como lo son las otras grandes síntesis que realizó, a una exhaustiva, a veces monótona, recopilación de la información disponible, complementada con información y comentarios personales, y completada con algunas recomendaciones y conclusiones generales, propios de un informe profesional. Basado en trabajos anteriores, complementa la diferenciación en tres grupos de los carbones de esa región, realizada previamente: 1, El Grupo de Malleco, probablemente plioceno, que contiene los yacimientos del Valle Longitudinal; 2, El Grupo de Arauco, de edades comprendidas entre el Oligoceno y Mioceno, y 3, El Grupo Quilacoya, más antiguo, posiblemente de edad Jurásico-Cretácico. En el siguiente cuadro estratigráfico, que presenta para la región de Concepción y Arauco, se descubre un esbozo de la estratigrafía actualmente aceptada:

“Cuaternario: Terraplenes i arenas de la altiplanicie de Colico.

Plioceno: Capas al oriente del río Tubul.

Mioceno-Oligoceno: Capas carboníferas de las provincias de Arauco i Concepción.

Discordancia:

Cretáceo: Capas de Quiriquina.

Discordancia:

Pizarras i areniscas de Gomero que contienen restos vegetales.

Granitos i rocas metamorfás”.

A continuación completa el cuadro con una detallada descripción de cada una de las unidades. En relación con la tectónica, expone que *“en la época en que se sedimentó el terciario carbonífero en Arauco, es muy probable que la Cordillera de la Costa no existiera todavía en su forma actual de montaña; formaba talvez una planicie plana que ascendía paulatinamente del mar hacia la Cordillera de los Andes. En la ladera occidental de esta superficie se depositaron en pantanos grandes, los mantos de carbón y las rocas que los acompañan”*.

En este estudio, en su acostumbrada detallada revisión de los trabajos anteriores, Brügger criticó a varios de ellos, señalando que *“Esta reseña literaria era necesaria para poder aprovechar los argumentos i conclusiones ya conocidas de trabajos anteriores, a pesar de que casi todas la publicaciones hasta ahora aparecidas, con excepción de las exploraciones especialmente jeológicas de Steinmann, fueron de una utilidad mui reducida”*. Hizo, además, una durísima crítica, de más de una página, a publicaciones de Miguel R. Machado, quien era en ese momento Jefe de Sección del Museo Nacional, en la Inspección de Geografía y Minas. Entre los numerosos reproches que Brügger hizo a ese autor están: *“todos los trabajos de esa Oficina se han ejecutado sin los conocimientos científicos más elementales”* y, *“Machado acepta a ciegas la errada estratigrafía de Nogués, sin intentar siquiera de dar una comprobación. No obstante los estudios de Steinmann de hace más de 15 años, que el señor Machado parece ignorar en absoluto, se sigue conservando la ‘famosa formación’ de transición entre el cretáceo y el terciario”*. Sin embargo, el reproche mayor de Brügger al trabajo de Machado fue *“conocer tan mal las colecciones del mismo Museo, que no sepa cuántas especies fósiles comunes a Lota, Coronel i Lebu han sido dadas a conocer por el señor Philippi”*. Esta dura crítica de un recién llegado, como Brügger, debe haber producido una fuerte molestia en la comunidad nacional y dio origen a una fuerte réplica de parte del afectado (Machado, 1913), quien, entre otras observaciones, opinó que el informe de Brügger no aportaba nada nuevo y que no era más que una reproducción de la información disponible hasta la fecha sobre ese recurso energético; lo que representó, prácticamente, una acusación de plagio.

En su contestación a la refutación del ingeniero Machado, Brügger (1913c) comenzó señalando que su informe al Ministro había sido publicado sin su autorización y, a continuación, procedió a responder en detalle a cada una de las críticas del señor Machado. Cabe señalar que, al final de la contestación, hay un anexo en el que se hace referencia a un *“‘agregado’ con que la Inspección acompaña una segunda impresión de la refutación”*, que habría sido *“motivada, según dice la nota ‘por haber aparecido algunos errores’”*.

Sobre la geología económica

En la última parte de su libro de 1934, Brügger hace referencia a los yacimientos metálicos de Chile. En este capítulo señala la presencia de yacimientos de cobre ubicados al borde oriental de los granitos costeros, expuestos entre Copiapó y Valparaíso. Entre estos, enumera los siguientes: Tamaya, Panulcillo, Andacollo, La Higuera y agrega que existen cientos más de menor tamaño; algunos de los cuales presentan abundante apatito. En su opinión, esta franja de yacimientos es la más antigua en el país. Destaca, además, la presencia de vetas auríferas relacionadas con el batolito costero. Señala, también, que estos yacimientos dieron en el siglo XIX fama a Chile por su riqueza mineral. Para la región de Santiago, incluye en este mismo grupo a los yacimientos de Naltagua, La Africana, Lo Aguirre, Desengaño, el distrito de Tiltill, y Calera. Al respecto comenta que le parece extraño que esta franja de yacimientos en el borde oriental del batolito desaparezca al sur de Santiago, aunque precisa, que no necesariamente desaparecen, sino que parecen desaparecer.

Más adelante, expresa que las relaciones genéticas entre el *“profundo”* batolito de la costa y los yacimientos asociados parecen ser válidas para los cuerpos granodioríticos menores ubicados más al oriente, en la Cordillera Principal, es decir, que la mineralización está asociada con los cuerpos intrusivos. En relación con estos cuerpos, menciona mineralizaciones asociadas al stock de San Gabriel, en el cajón del Maipo, al este de Santiago. Además, hace referencia al distrito minero de San Pedro de Nolasco, asociado a los diques de La Carlota, cercanos y al sur del mismo valle, y al Teniente, algo más al sur. En la región norte, menciona a Cerro Blanco, cerca de Copiapó, Guanaco, y Potrerillos. Opina que los cuerpos mineralizadores pertenecen al Terciario medio, pero que corresponden a pulsos tardíos de los mismos magmas del batolito de la costa.

A continuación de estas generalidades sobre las mineralizaciones en Chile, procede a describir algunos de los yacimientos principales conocidos en esa época. Al referirse a los yacimientos de cobre, se extiende sobre los de Chuquicamata, Potrerillos, El Teniente, y Río Blanco - Los Bronces. Al respecto señala que este último y el de Potrerillos estarían emplazados en la Formación Porfírica, mientras que el de El Teniente se habría formado en depósitos volcánicos terciarios, y el de Chuquicamata se encuentra en un macizo joven de granodiorita.

Sobre los eventos glaciares.

Finalmente, en relación con los eventos glaciares, en su extenso y detallado análisis, de norte a sur, sobre la glaciación de la Cordillera de los Andes (1928) distinguió entre glaciares de la última y penúltima (segunda época glacial) glaciación. Señaló que, en la región al norte del río Aconcagua, los glaciares se mantuvieron en regiones relativamente altas dentro de la cordillera, en cambio, más al sur, en la región central de Chile, los glaciares de la última glaciación habrían alcanzado la Depresión Central. El glaciar del valle del río Maipo habría construido *“su anfiteatro de morrenas en la región de Puente Alto entre 700 y 800 m. de altura”*. Refiere al respecto que *“Enteramente frescos aparecen especialmente los enormes bloques erráticos, que al sur del camino de Puente Alto a la Obra, yacen en las lomas alargadas de las morrenas”*, que lamentablemente ya no están al alcance del público (Hervé, 2011). El glaciar del valle de Cachapoal habría alcanzado, según Brügger (1928), la cota de 600 m en la Depresión Central; así mismo, señala que, según Groeber, morrenas de la última época glacial se encontrarían a la salida de los ríos Maule y Ñuble, a unos 600 y 300 m s.n.m., respectivamente. Hacia el sur, refiere que los glaciares habrían cubierto la Depresión Central dando origen a glaciares de *“piedmont”* a muy baja altura sobre el nivel del mar, refiriéndose a los glaciares de la Región de los Lagos, extensamente estudiados por Laugénie (1982). Al sur de Puerto Montt, habrían excavado la depresión comprendida entre el Seno de Reloncaví y el Golfo de Corcovado, alimentados por glaciares provenientes de la cordillera, situación que se mantendría hacia la Patagonia Austral, pero en esa región, alimentados, principalmente, desde los campos de hielo continental y descendiendo hasta el mar abierto.

En relación con la penúltima glaciación describió: *“Una extensión mucho más grande han tenido los glaciares de la penúltima época, como resulta de la repartición de sus depósitos, que según uno de sus componentes más característicos, llamaremos ‘morrenas de piedra pómez’. Estas morrenas componen en el valle longitudinal un extenso lomaje al Oeste de Santiago, que abarca desde Pudahuel hasta el campo de batalla Maipú, y cuya altura es de unos 400 m”*. Más adelante continúa describiendo *“Morrenas compuestas de material volcánico, pero más bien lavas porosas andesíticas de color negro u oscuro, ocupan extensiones muy grandes en las partes centrales y australes del valle longitudinal, especialmente entre el río Laja y Temuco, o en cerrillos de Teno, cerca de Curicó, donde siempre tienen mayor edad que los grandes anfiteatros morrénicos. La abundancia de material volcánico puede deberse a que, en la penúltima época glacial había una fuerte actividad volcánica; pero más probable es que esa penúltima época glacial ha sido también la primera, en que los glaciares removían las enormes masas de material volcánico esparcido superficialmente por los volcanes precuaternarios”* y, precisa: *“Los ‘Cerrillos de Teno’ que a 200 m sobre el nivel del mar, ocupan gran extensión del valle longitudinal de la región de Curicó, son drumlins compuestos por este sedimento”*. Más adelante, refiere que, a la salida del río Tinguiririca, la morrena terminal de la última época glacial separa, por más de 12 km, al río principal de su afluente austral, el río Claro, constituyendo una clase de meseta que tiene el nombre de Isla de Briones. Evidentemente, esta descripción corresponde a lo que ahora conocemos como lahar de Tinguiririca (Abele, 1982).

En relación con estos temas, Brügger llama la atención que no haya relacionado estos depósitos ricos en piedra pómez con antiguas erupciones como lo hizo Molina (1887, p. 51) (ver también

Charrier & Hervé, 2011). Este naturalista expresó, en relación con la erupción del volcán Peteroa del 3 de Diciembre de 1762: “*Las cenizas y lavas lanzadas rellenaron los valles adyacentes y engrosaron por dos días las aguas del río Tinguiririca*”. La referencia que hace Molina a flujos de origen volcánico coincide con el registro geológico y serían éstos los que originaron, en algunos sectores de la Depresión Longitudinal de Chile central, los pequeños lomajes, que recuerdan drumlins y que en la región de Curicó fueron denominados cerrillos de Teno. A estas extensas cubiertas, que ahora sabemos son de avalanchas volcánicas (MacPhail & Saa 1967; Marangunic *et al.* 1979; Naranjo *et al.*, 1999), se agregan los flujos laháricos e ignimbríticos canalizados a lo largo de los valles que bajan, desde los volcanes y muestran cómo estos afectaron principalmente al lado chileno (Davidson, 1971, 1974, Fuenzalida, 1974, MacPhail, 1973, Abele, 1982, González-Ferrán, 1995), algunos de los cuales llegaron hasta la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa (Cecioni, 1978; Encinas *et al.*, 2006), mientras que las nubes de piroclásticos de estas erupciones tienden a dispersarse hacia el lado argentino (Brüggen, 1950c; González-Ferrán, 1995).

Conclusión

Del análisis de la vida y obra de Brüggen se puede señalar que fue fundamentalmente un docente altamente solicitado por numerosas instituciones de enseñanza superior, que, por lo tanto, dispuso de escaso tiempo para realizar una actividad de investigación como se la concibe en la actualidad. Sus principales publicaciones, sobre temas como los depósitos de carbón, guano, y salitre, y el agua subterránea del norte de Chile, parecen corresponder a trabajos profesionales realizados, muy probablemente por encargo de particulares y del Estado, como lo señala Gun-Bayer (1953). Otras síntesis, como las que tratan de la glaciación andina y el volcanismo, se pueden atribuir a un interés personal por esos temas, sin que ello haya implicado una actividad sistemática de investigación con visitas a terreno especialmente orientadas a ese propósito. En estas síntesis aprovechó las observaciones que efectuó sobre todo tipo de aspectos geológicos durante las visitas a terreno destinadas a los trabajos profesionales.

De los antecedentes expuestos en esta reseña sobre su vida y obra, podemos reconocer tres aspectos mayores en la contribución del Dr. Brüggen a nuestro país, que se enumeran a continuación:

1. Su aporte a la enseñanza de la Geología y la Mineralogía y a la sólida formación de numerosos profesionales en el área de la Geología, muchos de los cuales tendrían, posteriormente, destacada participación en la explotación de recursos geológicos y en obras de ingeniería, que redundaron en enormes aportes al desarrollo nacional.

2. Su contribución a la comprensión del contexto geológico en que se desarrollaron y encuentran los recursos extraíbles sobre los cuales preparó los extensos informes que fueron publicados. Esto permitió, sin duda, seguir desarrollando esas explotaciones con un adecuado conocimiento geológico y, en consecuencia, de manera más sistemática y racional.

3. En su faceta más científica, se debe destacar el gran mérito que tuvo en poner orden en el cúmulo de información geológica existente en esa época, dispersa en informes técnicos y publicaciones enfocados en aspectos locales y, sobre la base de esa información y de sus observaciones personales, haber logrado construir una síntesis coherente de la evolución de la cadena andina.

Lo expuesto en este artículo, permite considerar al Profesor Dr. Johannes Brüggen como el padre de la geología en Chile.

Agradecimientos

Este trabajo es una contribución del Grupo de Especialistas en Historia de la Geología de la Sociedad Geológica de Chile y fue presentado también en el Séptimo Simposio de Historia de la Geología organizado por esa sociedad científica el 11 de noviembre de 2016, en Santiago de Chile. Se agradece la entusiasta y diligente colaboración de Rosa Leal Fajardo, Directora de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, y de las bibliotecarias Loreto González Beale y Mariana Peralta de esa misma biblioteca en la búsqueda de literatura relacionada con el Prof. Dr. Johannes Brüggén.

Bibliografía

- Abele, G. 1982. El lahar Tinguiririca: Su significado entre los lahares chilenos. *Informaciones Geográficas* 29: 21-34.
- Aceituno, P. 2010. Miembros Académicos de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. *Sitio Web Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile*.
- Anales Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 1950. Sesión solemne de incorporación como Miembro Académico del Profesor Dr. Juan Brüggén. *Anales Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile*, 7, 7: 58. Santiago.
- Boletín Minero, 1942. Homenaje al geólogo Dr. Juan Brüggén. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, 511: 938-942. Santiago.
- Brüggén, J. 1913a. Contribución a la jeología del valle del Huasco i del Departamento de La Serena con una breve descripción de los yacimientos de fierro. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Ser. 3, 199 y 200: 447-458. Santiago.
- Brüggén, J. 1913b. Informe sobre las exploraciones jeológicas de la rejión carbonífera del sur de Chile. *Boletín Minero, Sociedad nacional de Minería*, Ser. 3, 25(191): 6-29; (192): 49-84. Santiago.
- Brüggén, J. 1913c. Contestación a la Inspección de Jeografía i Minas i al señor Miguel R. Machado. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Ser. 3, 197-198: 305-319. Santiago.
- Brüggén, J. 1928. La glaciación actual y cuaternaria de la Cordillera de los Andes. *Anales de la Universidad de Chile*, Año 6, Serie 2, p. 558-684, Santiago.
- Brüggén, J., 1931. *Tablas para la determinación de minerales*. Talleres Gráficos Balcells y Cía., 204 p., Santiago.
- Brüggén, J. 1934. Grundzüge der Geologie und Lagerstättenkunde Chiles. *Mathematisch Naturwissenschaftlichen Klasse der Heidelberg, Akademie der Wissenschaften*: 362 p., Heidelberg, Alemania.
- Brüggén, J. 1935. Informe geológico sobre la región del Canal de Ofqui. *Boletín de Minas y Petróleo*, 5(52): 335-350. Santiago.
- Brüggén, J., 1936a. El agua subterránea de la Pampa del Tamarugal y morfología general de Tarapacá. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 80(88): 111-166. Santiago.
- Brüggén, J. 1936b. Informe geológico sobre la región del Canal de Ofqui. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, 48 (432): 197-208. Santiago.
- Brüggén, J. 1941. El agua subterránea en Chile. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, 53 (500): 1240-1243. Santiago.

- Brüggen, J. 1942a. *Geología Económica*. Centro de Estudiantes de Ingeniería de Minas, 181 p., Santiago.
- Brüggen, J. 1942b. Discurso del doctor señor Juan Brüggen. *Boletín Minero* (511): 942-943, Santiago.
- Brüggen, J. 1944a. Miscelánea geológica de las provincias de Valdivia y Llanquihue. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 97(105): 90-113, Santiago.
- Brüggen, J. 1944b. Miscelánea geológica de las provincias de Valdivia y Llanquihue. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 106: 26 p. Santiago.
- Brüggen, J. 1946. La cronología de las épocas glaciales de Chile. *Revista Universitaria*
- Brüggen, J. 1950a. Elogio a Washington Lastarria. *Anales Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile*, 7(7): 59-60. Santiago.
- Brüggen, J. 1950b. El volcanismo en Chile. *Anales de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile*, 7(7): 61-68.
- Brüggen, J. 1950c. *Fundamentos de la Geología de Chile*. Instituto Geográfico Militar, 365 p., Santiago.
- Cecioni, G. 1978. Petroleum possibilities of the Darwin's Navidad Formation near Santiago, Chile. *Museo Nacional de Historia Natural, Publicación Ocasional*: 3-26, Santiago.
- Charrier, R. 1977. Contribuciones del Departamento de Geología. *Revista Comunicaciones, Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile*, 20: 40 p. Santiago
- Charrier, R. & Hervé, F. 2011. El abate Juan Ignacio Molina: Una vida dedicada a la historia natural y civil del Reino de Chile. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 68 (3): 445-463.
- Darwin, C. 1846. *Geological observations on South America; Part III, The Geology of the Voyage of the Beagle*. Smith Elder and Co., 279 p., London.
- Davidson, J. 1971. Tectónica y paleogeografía de la Cordillera Principal en el área de las Nacientes del Teno, Curicó, Chile. Tesis del Departamento de Geología, Universidad de Chile, 160 p. Santiago.
- Davidson, J. 1974. A quaternary volcanic flow (lahar) down the Claro and Teno valleys from Planchón volcano. International Symposium on Volcanology. *Andean and Antarctic Problems, International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth Interiors (IAVCEI), Abstracts*: 14-15, Santiago.
- De Paula Pérez, F. 1863. Sobre la necesidad de organizar en Chile un cuerpo de ingenieros de minas. Discurso de incorporación de Don Francisco De Paula Pérez a la Facultad de Ciencias Físicas i Matemáticas, leído el 9 de Enero de 1862. *Anales de la Universidad de Chile*, 22: 473-489.
- Encinas, A., Maksaev, V., Pinto, L., Le Roux, J., Munizaga, F. & Zentilli, M. 2006. Pliocene lahar deposits in the Coastal Cordillera of central Chile: Implications for uplift, avalanche deposits, and porphyry copper systems in the Main Andean Cordillera. *Journal of South American Earth Sciences* 20(4): 369-381.
- Farías, M., R. Charrier, D. Comte, J. Martinod & Hérail, G. 2005. Late Cenozoic deformation and uplift of the western flank of the Altiplano: Evidence from the depositional, tectonic, and geomorphologic evolution and shallow seismic activity (northern Chile at 19°30'S), *Tectonics*, 24(4): 1-29.
- Flores Williams, H. 1953. El geólogo Don Juan Brüggen, 1987-1953. *Revista Minerale*s, Año VIII, 43: 11-13. Santiago.
- Fuenzalida, R., 1974. Lahar de Teno, consideraciones sobre su mecanismo de transporte. *3º Congreso Geológico Chileno, Actas* 3: F86-F96, Concepción.
- Galli, C. 1957. Las formaciones geológicas en el borde occidental de la Puna de Atacama, sector de Pica, Tarapacá. *Minerales*, 56: 3-15.

- González-Ferrán, O. 1995. *Volcanes de Chile*. Instituto Geográfico Militar, 640 p., Santiago
- Gun-Bayer, F. 1953. El Doctor Juan Brüggen, 1887-1953, Vicepresidente de la Academia Chilena de Ciencias Naturales. *Revista Universitaria, Universidad Católica de Chile*, Año 38, 1: 5-11.
- Hervé, F. 2011. Los Dres. Amado Pissis y Juan Brüggen, figuras de la geología de Chile. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 171 (número especial centenario): 207-222.
- Jofré Rodríguez, J. 1993. Perspectiva humana del geólogo: Juan Brüggen Messtorff; En: Pinto Vallejos, J., Jofré Rodríguez, J. & Nazel Ahumada, R., eds. Ignacio Domeyko, José Tomás Urmeneta, Juan Brüggen. *Tres forjadores de la Minería Nacional*, Capítulo IV, p. 155-196.. Instituto de Ingenieros de Minas de Chile, Santiago.
- Laugenie, C. 1982. La región des lacs, Chili meridional, recherches sur l'évolution géomorphologique d'un piémont glaciaire andin. Tesis de Doctorado de Estado, Universidad de Bordeaux III, Tomos 1 y 2, 822 p., Burdeos, Francia.
- Machado, M.R. 1913. Estudio de la región carbonífera de Chile; refutación al informe del jeólogo Brüggen. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Ser. 3, 197: 279-304. Santiago.
- MacPhail, D.D., 1973. The Geomorphology of the Río Teno Lahar, Central Chile. *Geographical Review* 63(4): 517-532.
- MacPhail, D.D. & Saa, R., 1967. Los Cerrillos de Teno: A laharc landscape of Central Chile. *Annals of the Association of American Geographers* 59(1): 171.
- Marangunic, C., Moreno, H. & Varela, J., 1979. Observaciones sobre los depósitos de relleno de la Depresión Longitudinal de Chile entre los ríos Tinguiririca y Maule. *2º Congreso Geológico Chileno, Actas* 3: I29-I39, Arica.
- Millán, A. 2006. *La minería metálica en Chile en el siglo XX*. Editorial Universitaria, 179 p., Santiago.
- Molina, J.I., 1887. *Ensayo sobre la historia natural de Chile*. Ediciones Maule: 284 p., Santiago (traducción al castellano del Saggio sulla storia naturale del Chili de 1810, por Rodolfo Jaramillo).
- Mortimer, C., 1980. Drainage evolution in the Atacama Desert of northernmost Chile. *Revista Geológica de Chile*, 11: 3-28, Santiago.
- Mrose, M.E., Ericksen, G.E. & Marinenko, J.W., 1971. Brüggenite, $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, a new saline mineral from the Chilean nitrate deposits. *Abs. 20th. Clay Minerals Conference*, Rapid City, South Dakota, Ann. Mtg. Program, p. 13.
- Muñoz Cristi, J. 1950. Discurso de recepción del Miembro Académico Dr. Don Juan Brüggen pronunciado por el Ingeniero señor Jorge Muñoz Cristi. *Anales Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas*, 7(7): 69-71. Santiago.
- Muñoz Cristi, J. & Karzulovic, J. 1955. Bibliografía geológica de Chile (1927-1953). *Instituto de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Publicación*, 121 pp., Santiago.
- Naranjo, J.A.; Haller, M.J.; Ostera, H.A.; Pesce, A.H. & Sruoga, P. 1999. Geología y peligros del Complejo Volcánico Planchón-Peteroa, Andes del Sur (35°15'S), Región del Maule, Chile-Provincia de Mendoza, Argentina. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Boletín* 58, 55 p., Santiago.
- Peña y Lillo, O. 1942. Discurso del Secretario General de la Sociedad Nacional de Minería, Homenaje al Dr. Juan Brüggen. *Boletín Minero*, 511: 941-942, Santiago.
- Pinto Vallejos, J. 1993. Chile Minero: Una historia de Esperanza y Decepción; en: Ignacio Domeyko, José Tomás Urmeneta, Juan Brüggen. *Tres forjadores de la Minería Nacional*, Capítulo 1. Instituto de Ingenieros de Minas de Chile, Santiago, p. 9-37.
- Pinto, L., Hérail, G. & Charrier, R. 2004. Sedimentación sintectónica asociada a las estructuras neógenas en el borde occidental del plateau andino en la zona de Moquella (19°15'S, Norte de Chile). *Revista Geológica de Chile*, 31(1): 19-44, Santiago.

- Puga, L.A. 1953. El Dr. Juan Brüggen y Bibliografía cronológica del Dr. Juan Brüggen. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 121: 164-172.
- Riquelme, R., G. Hérail, J. Martinod, R. Charrier & Darrozes, J. 2007. Late Cenozoic geomorphologic signal of Andean forearc deformation and tilting associated with the uplift and climate changes of the southern Atacama Desert (26°S-28°S), *Geomorphology*, 86: 283-306.
- Rodríguez, M. 1942. Discurso del Presidente del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile, Homenaje al Dr. Juan Brüggen. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, 511: 940-941. Santiago.
- Seibold, E. & Seibold, I. 2010. Gustav Steinmann (1856-1929): Ein deutscher Ordinarius der Kaiserzeit. *International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau)*, 99 (Suppl. 1): 3-15.
- Simián, E. 1953. Discurso por el Presidente del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile en el funeral del Dr. Brüggen. *Revista Minerales*, Año VIII, N° 43: 13-14, Santiago.
- Veyl, C. 1942. Discurso del Presidente del Centro de Estudiantes de Ingeniería de Minas, Homenaje al Dr. Juan Brüggen. *Boletín Minero*, 511: 938-940- Santiago.
- Victor, P., Oncken, O. & Glodny, J. 2004. Uplift of the western Altiplano plateau: Evidence from the Precordillera between 20° and 21°S (northern Chile). *Tectonics*, 23(4): 1-29.

Apéndice: Bibliografía de Johannes Brüggen

La extensa obra de Brüggen se vió reflejada en la extensa lista de publicaciones que se adjunta, recopilada fundamentalmente a partir de Puga (1953), Gun-Bayer (1953), Muñoz Cristi y Karzulovic (1955) y Charrier (1977).

- Brüggen, J. 1910. Die Fauna des unteren Senons von Nord-Peru. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, Beilage-Band*, p. 717-788, Stuttgart.
- Brüggen, J. 1913a. Contribución a la jeología del valle del Huasco i del Departamento de La Serena con una breve descripción de los yacimientos de fierro. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*; Ser. 3, 199-200: 447-458. Santiago; reproducido en el *Boletín de la Inspección de Geografía y Minas*, 1914, p. 99-114, Santiago. [Se publicó un extracto en: *Geologisches Zentralblatt*, 1914, 21: 172-174, Leipzig].
- Brüggen, J. 1913b. Informe sobre las exploraciones jeológicas de la región carbonífera del sur de Chile. Informe de la Inspección de Geografía y Minas, 1912, p. 476-563, reproducido por: *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Ser. 3, 25(191): 6-29; (192): 49-84. Santiago. [Se publicó un extracto de este informe en *Geologisches Zentralblatt*, 1914, 21: 170-172. Leipzig].
- Brüggen, J. 1913c. Contestación a la Inspección de Jeografía i Minas i al señor Miguel R. Machado. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Ser. 3, 197-198: 305-319. Santiago. [Respuesta a refutación realizada por el Sr. Miguel R. Machado, 1913. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Ser. 3, 197: 279-304. Santiago].
- Brüggen, J. 1913d. Los abonos fosfatados i los yacimientos de apatita de Freirina. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Ser. 3, 199: 438-447. Santiago; reproducido en el *Boletín de la Inspección de Geografía y Minas*, 1914, p. 37-50, Santiago. [Se publicó un extracto en: *Geologisches Zentralblatt*, 1914, 21: 169-170. Leipzig].

- Brüggen, J. 1913e. Los carbones del Valle Longitudinal i la zona carbonífera al sur de Curanilahue en la Provincia de Arauco. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Ser. 3, N° 201 y 202: 459-512, Santiago. [Se publicó un extracto en: *Geologisches Zentralblatt*, 1914, 21: 169-170, Leipzig].
- Brüggen, J. 1914a. Informe sobre el carbón submarino en la costa de la Provincia de Arauco. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Ser. 3, 208: 193-198.
- Brüggen, J. 1914b. *Kohle und Eisen in Chile*. Mitteilungen des Deutsch-Südamerikanischen Instituts, Stuttgart.
- Brüggen, J. 1915a. Las rejiones carboníferas de Los Álamos i del norte de la Provincia de Arauco. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Ser. 3, 218: 261-286. Santiago.
- Brüggen, J. 1915b. El Cretáceo del Algarrobo i las supuestas relaciones entre las formaciones Cretácea y Terciaria de Chile. *Anales de la Universidad de Chile*, 136: 429-441.
- Brüggen, J. 1915c. Die Kreide von Algarrobo in Chile. *Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*, 1915: 406-409.
- Brüggen, J. 1916a. La formación de los carbones de piedra i especialmente de los chilenos. *Anales de la Universidad de Chile*, 138: 659-695.
- Brüggen, J. 1916b. La exploración geológica de los yacimientos de carbón de Chile. *Actas Congreso Chileno de Minas y Metalurgia*, 6: 151-160. Santiago.
- Brüggen, J. 1918a. Informe sobre el carbón de La Ternera (Copiapó). *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Año 34, Ser. 3, 29(231): 486-496. Santiago.
- Brüggen, J. 1918b. Informe sobre el carbón de La Ternera (Copiapó). *Publicaciones del Servicio Jeológico, Ministerio de Industria y Obras Públicas*, Folleto 1: 1-10. Santiago.
- Brüggen, J. 1918c. El Salar de Pintados y sus yacimientos de potasa. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Año 34, Ser. 3, 30: 3-20. Santiago.
- Brüggen, J., 1918d. El Salar de Pintados y sus yacimientos de potasa. *Publicaciones del Servicio Jeológico, Ministerio de Industria y Obras Públicas*, Folleto N° 2, Santiago.
- Brüggen, J. 1918e. Informe sobre el agua subterránea en la región de Pica, Tarapacá. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Año 34, Ser. 3, 29(236): 305-335. Santiago.
- Brüggen, J. 1918f. Informe sobre el agua subterránea de la región de Pica, Tarapacá. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Año 34, Ser. 3, 29(237): 372-407. Santiago.
- Brüggen, J. 1918g. Informe sobre el agua subterránea de la región de Pica, Tarapacá. *Publicaciones del Servicio Jeológico, Ministerio de Industria y Obras Públicas*, Folleto 3: 1-20. Santiago.
- Brüggen, J. 1919a. Bibliografía minera y jeológica de Chile. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Año 36, Ser. 3, 31(244): 441-513. Santiago.
- Brüggen, J. 1919b. Bibliografía minera y jeológica de Chile. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Año 36, Ser. 3, 31(245): 539-607. Santiago.
- Brüggen, J. 1920a. Über den Ursprung der chilenischen Seen. *Verhandlungen [Actas] des deutschen Wissenschaftlichen Vereins zu Santiago de Chile*, 6(4-6): 327-353. Santiago.
- Brüggen, J. 1920b. El agua subterránea en el norte de Chile. *Anales de la Universidad de Chile*, 146: 319-340. Santiago.
- Brüggen, J. 1920c. Der Vulkan San José. *Mitteilungen des Deutschen Ausflug-Vereins*, 2(2): 2-6. Valparaíso.

- Brüggen, J. 1921. *Curso de Geología*. Imprenta Universitaria, Santiago, 340 p., Santiago.
- Brüggen, J. 1923. El volcán San José de Maipo. Historia de su exploración y de su actividad volcánica. *Revista Chilena de Historia Natural*, 25: 62-67. Santiago.
- Brüggen, J. 1925a. La geología de los yacimientos de salitre y las teorías que tratan de explicar su origen. *Caliche (Instituto Científico Indust. Salitre)*, 6: 438-442. Santiago.
- Brüggen, J. 1925b. La geología de los yacimientos de salitre y las teorías que tratan de explicar su origen (Segunda Parte). *Caliche (Instituto Científico Indust. Salitre)*, 6: 483-488. Santiago.
- Brüggen, J. 1926a. Bibliografía minera y geológica de Chile [Segunda parte]. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Año 42 (329-331). Santiago.
- Brüggen, J. 1926b. Interesante deslizamiento de cerro en el río Claro, Curicó. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Año 42 (330): 968-975. Santiago.
- Brüggen, J. 1926c. Los importantes descubrimientos de platino en Transvaal. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Año 42 (332): 1217-1220. Santiago.
- Brüggen, J. 1927a. Bibliografía minera y geológica de Chile (Segunda Parte). *Universo, Publicaciones del Cuerpo de Ingenieros de Minas*, Folleto 16, 66 p., Santiago.
- Brüggen, J. 1927b. La geología del distrito minero Las Condes y Río Blanco. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Año 43, 39(337): 283-291. Santiago.
- Brüggen, J. 1928a. La glaciación actual y cuaternaria de la Cordillera de los Andes. *Anales de la Universidad de Chile*, Año 6, Ser. 2, p. 558-684, Santiago.
- Brüggen, J. 1928b. La jeología de los yacimientos de salitre de Chile i las teorías que tratan de explicar su orijen. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Año 44, 40(351): 394-406. Santiago.
- Brüggen, J. 1929a. *Texto de Geología*. Instituto Geográfico Militar, 460 p., Santiago.
- Brüggen, J. 1929b. Zur Glazialgeologie de chilenischen Anden. *Geologische Rundschau*, 20: 1-35. Berlin.
- Brüggen, J. 1929c. Informe geológico sobre el túnel de Lonquimay. *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 29: 221-223. Santiago.
- Brüggen, J. 1930a. Informe geológico sobre el agua subterránea de la región de Calama. *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, Año 30, 4: 214-231, Santiago.
- Brüggen, J. 1930b. *El agua de las lluvias como factor geológico*. Conferencias de divulgación científica, publicadas por la Universidad de Chile, Talleres Gráficos Balcells y Cía., Santiago.
- Gella, N. & Brüggen, J. 1930a. La exploración geofísica del subsuelo. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Año 46, 42(377): 507-521. Santiago.
- Gella, N. & Brüggen, J. 1930b. La exploración geofísica del subsuelo. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Año 46, 42(378): 599-617. Santiago.
- Brüggen, J. 1931a. *Tablas para la determinación de minerales*. Talleres Gráficos Balcells y Cía., 204 pp. Santiago.
- Brüggen, J. 1931b. Zur Oberflächenform des Laengstals von Santiago. *Verhandlungen [Actas] des deutschen Wissenschaftlichen Vereins zu Santiago de Chile, Neue Folge*, 1: 1-10. Santiago.

- Brüggen, J. 1932a. Der grosse Aschen und Bimsteinausbruch des Vulkans Quizapú in der Kordillere von Talca. *Deutsche Monatshefte f. Chile*, 5: 126. Valdivia.
- Brüggen, J. 1932b. Der Vulkanismus Chiles und besonders die Katastrophe im April 1932. *Die Naturwissenschaften*, 21: 705. Berlin.
- Brüggen, J. 1933a. *Informe del Mineral "El Bronce"* (Adquirido por la Compañía Minera Disputada de Las Condes). Imprenta El Comercio, 9 p., Santiago.
- Brüggen, J. 1933b. Der Aschen-und Bimsstein-Ausbruch des Vulkans Quizapu in der Chilenischen Kordillere. *Zeitschrift für Vulkanologie*, 15: 100-104. Berlin.
- Brüggen, J. 1933c. Die Erzlagerstätten von Chile. *Geologische Gesellschaft, Bericht* 14: 36-37. Freiberg, Alemania.
- Brüggen, J. 1933d. Das Vulkanismus Chiles mit besonderer Berücksichtigung der grossen Katastrophe von April 1932. *Ver. f. vaterländ. Naturkunde Württemberg*, 89: 62-64,
- Brüggen, J. 1934a. *Grundzüge der Geologie und Lagerstättenkunde Chiles*. Mathematisch Naturwissenschaftlichen Klasse der Heidelberg Akademie der Wissenschaften, 362p., Heidelberg, Alemania.
- Brüggen, J. 1934b. Las formaciones de sal y petróleo de la Puna de Atacama. *Boletín de Minas y Petróleo*, 4(32), 105-122. Santiago.
- Brüggen, J. 1935. Informe geológico sobre la región del Canal de hue. *Boletín de Minas y Petróleo*, 5(52): 335-350. Santiago.
- Brüggen, J. 1936a. Informe geológico sobre la región del Canal de Ofqui. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Año 52, 48(432): 197-208. Santiago.
- Brüggen, J. 1936b. El agua subterránea de la Pampa del Tamarugal y morfología general de Tarapacá. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 80(88): 111-166. Santiago.
- Brüggen, J. 1936c. Dr. Hans Steffen. *Verhandlungen [Actas] des deutschen Wissenschaftlichen Vereins zu Santiago de Chile, Neue Folge*, 3: 14-22. Santiago.
- Brüggen, J. 1936d. Zwei Vorkommen artesischen Grundwassers in der Nähe Santiagos. *Verhandlungen [Actas] des deutschen Wissenschaftlichen Vereins zu Santiago de Chile, Neue Folge*, 3: 25-29. Santiago.
- Brüggen, J. 1938a. El salitre. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Año 54, 50(460): 737-754. Santiago.
- Brüggen, J. 1938b. Geología de las guaneras de Chile. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 85(93): 172-210. Santiago.
- Brüggen, J. 1938c. Sobre la naturaleza de las migmatitas. *Boletín de Minas y Petróleo*, 8(88-89): 779-789. Santiago.
- Brüggen, J. 1939a. Geología de las guaneras de Chile. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 86(94): 115-138. Santiago.
- Brüggen, J. 1939b. Guano-studien I; Bildung und Gewinnung des Guanos in Chile und Peru. *Natur und Volk-Senckenbergsschen naturforschenden Gesellschaft*, 69(4): 179-186. Frankfurt.
- Brüggen, J. 1939c. Guano-studien II; Guano-lager in Chile. *Natur und Volk-Senckenbergsschen naturforschenden Gesellschaft*, 69(5): 239-249. Frankfurt.

- Brüggen, J. 1940a. Geología de los yacimientos de salitre de Chile. *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 53: 156-181. Santiago.
- Brüggen, J. 1940b. Los temblores chilenos. *Revista Chilena de Historia Natural*, 44: 224-227. Santiago.
- Brüggen, J. 1941a. El agua subterránea en Chile. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, Año 57, 53(500): 1240-1243. Santiago.
- Brüggen, J. 1941b. El volcán Antuco y la geología glacial del valle del Laja. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 91(99): 356-386. Santiago.
- Brüggen, J. 1942a. *Geología*. Escuela de Ingeniería, Universidad de Chile. Imprenta Galcon, Santiago.
- Brüggen, J. 1942b. *Geología Económica*. Centro de Estudiantes de Ingeniería de Minas, 181 p., Santiago.
- Brüggen, J. 1942c. Geología de la Puna de San Pedro de Atacama y sus formaciones de areniscas y arcilas rojas. *Anales del Primer Congreso Panamericano de Ingeniería de Minas y Geología*, 2: 342-367. Santiago.
- Brüggen, J. 1942d. El volcán Antuco y la geología glacial del valle del Laja. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, 54(506): 547-549. Santiago.
- Brüggen, J. 1942e. Los geisers de los volcanes del Tatio. *Revista Chilena de Historia y Geografía*. 93(101): 236-259. Santiago.
- Brüggen, J. 1943a. Contribución a la geología sísmica de Chile. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 94(102): 260-237. Santiago.
- Brüggen, J. 1943b. Contribución a la geología sísmica de Chile. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 95(103): 108-174. Santiago.
- Brüggen, J. 1944a. Miscelánea geológica de las provincias de Valdivia y Llanquihue. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 97(105): 90-113. Santiago.
- Brüggen, J. 1944b. Miscelánea geológica de las provincias de Valdivia y Llanquihue. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 106: 1- 26. Santiago.
- Brüggen, J. 1946a. La cronología de las épocas glaciales de Chile. *Revista Universitaria, Universidad Católica de Chile*, 31(1): 2-39. Santiago.
- Brüggen, J. 1946b. Geología y morfología de la Puna de Atacama. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 107: 272-295. Santiago.
- Brüggen, J. 1946c. Geología y morfología de la Puna de Atacama. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 108: 157-203. Santiago.
- Brüggen, J. 1947a. Geología y morfología de la Puna de Atacama. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 109: 275-333. Santiago.
- Brüggen, J. 1947b. Contribución a la paleogeografía de Chile, en el Cretáceo y Terciario. *Revista Universitaria, Universidad Católica de Chile*, 32(2): 189-200. Santiago.
- Brüggen, J. 1947c. El origen de las aguas minerales de Chile. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 109: 189-226. Santiago.
- Brüggen, J. 1947d. Sobre la protección de un bloque errático situado cerca de Puente Alto. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 110: 302-308. Santiago.

- Brüggen, J. 1948a. Contribución a la geología de los volcanes y termas de Chillán. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 111: 105-137. Santiago.
- Brüggen, J. 1948b. La expansión del bosque en el sur de Chile en la época postglacial. *Revista Universitaria, Universidad Católica de Chile*, 33(1): 105-114. Santiago.
- Brüggen, J. 1948c. Antecedentes geológicos sobre el sector Pacífico del continente Antártico. *Revista Geográfica de Chile*, 1(1): 81-88. Santiago.
- Brüggen, J. 1949a. Seudoindicios de agua subterránea cerca de San Pedro de Atacama. *Revista Universitaria, Universidad Católica de Chile*, 34(1): 57-61. Santiago.
- Brüggen, J. 1949b. Sobre el terremoto de Angol-Traiguén del 19 de abril de 1949. *Revista Universitaria, Universidad Católica de Chile*, 34(1): 101-103. Santiago.
- Brüggen, J. 1949c. Sobre las piedras surcadas en los desiertos. *Revista Universitaria, Universidad Católica de Chile*, 34(1): 131-133. Santiago.
- Brüggen, J. 1950a. Elogio a Washington Lastarria. *Anales Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile*, Año 7, 7(7): 59-60. Santiago.
- Brüggen, J. 1950b. El volcanismo en Chile. *Anales de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile*, 7: 61-68. Santiago.
- Brüggen, J. 1950c. *Fundamentos de la Geología de Chile*. Instituto Geográfico Militar, 365 p., Santiago.
- Brüggen, J. 1950d. *Geología*, 2ª Edición corregida. Editorial Nascimento, 510 p., Santiago.
- Brüggen, J. 1950e. La geología en las obras poéticas y científicas de Goethe. *Revista Universitaria, Universidad Católica de Chile*, 35(1): 43-51. Santiago.
- Brüggen, J. 1950f. El supuesto cráter de la mina El Teniente, Rancagua. *Revista Universitaria, Universidad Católica de Chile*, 35(1): 147-153. Santiago.
- Brüggen, J. 1951. Las costras de protección en los desiertos. *Revista Universitaria, Universidad Católica de Chile*, 36(1): 101-104. Santiago.
- Brüggen, J. 1952. La varilla indicadora y la radiación terrestre en Chile. *Revista Universitaria, Universidad Católica de Chile*, 37(1): 19-65. Santiago.

Recibido: septiembre 2016

Aceptado: octubre 2016